

Empfehlung zur Berechnung von Stofffrachten im Abwasser für die PRTR-Berichterstattung

Das vorliegende Dokument enthält Empfehlungen für die Berechnung von Stofffrachten im Abwasser, insbesondere für die Anwendung von Emissionsfaktoren. Es wendet sich an Behörden und Betreiber von kommunalen Abwasserbeseitigungsanlagen.

Die vorliegende Empfehlung wird relevant ab Berichtsjahr 2014 bzw. 2015 (siehe hierzu Kap. 2.2.1.). Sie wird nicht rückwirkend angewendet, d. h. die Meldungen der Berichtsjahre 2007 bis 2013 bzw. 2014 bleiben unverändert.

Stand: Januar 2015

1. Anlass

Auswertungen der PRTR-Meldungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass die ermittelten Frachten häufig ungenau sind. Oft ist der Grund dafür die niedrige Zahl von belastbaren Messwerten zur Berechnung der jeweiligen Fracht. Auch werden auf Grund teilweise zu unsensibler Abwasseranalytik häufig Messwerte unterhalb der angewendeten Bestimmungsgrenzen erzeugt. Eine große Zahl von Messwerten unterhalb der Bestimmungsgrenze bei gleichzeitig hoher analytischer Bestimmungsgrenze, wirken sich negativ auf die Belastbarkeit der Frachtberechnung aus.

Dabei ist allerdings zu beachten: "Wenn die Konzentrationen der Freisetzen unter den Bestimmungsgrenzwerten (mengenmäßiger Nachweis) liegen, lässt sich daraus nicht unbedingt ableiten, dass es zu keiner Überschreitung der Schwellenwerte kommt. Zum Beispiel könnten bei großen Abwasser- oder Abluftmengen, die von Betriebseinrichtungen erzeugt werden, die Schadstoffe unter den Bestimmungsgrenzwert "verdünnt" werden, obwohl der jährliche Belastungsschwellenwert trotzdem überschritten wird. Mögliche Verfahren zur Bestimmung der Freisetzen in solchen Fällen beinhalten die Messung näher an der Quelle (z. B. Messung in Teilströmen vor Aufnahme in eine zentrale Behandlungsanlage) und/oder die Schätzung der Freisetzen, z. B. auf der Basis der Schadstoffeliminierungsmengen in der zentralen Behandlungsanlage. (Quelle: "Leitfaden für die Durchführung des Europäischen PRTR" (Kap. 1.1.4, S. 19))."

Die für die Analytik notwendige Bestimmungsgrenze richtet sich in jedem Einzelfall nach der Aufgabe, die Über- bzw. Unterschreitung der jeweiligen Schwellenwerte zu überprüfen. Nachdem die erforderliche Bestimmungsgrenze festgelegt wurde, ist ein geeignetes Analyseverfahren zu wählen. Der Anhang 3 der E-PRTR Verordnung (siehe Kapitel 5.2.) bzw. die fortgeschriebene Tabelle in der Handlungsanleitung (siehe Tabelle 1) geben hierzu Empfehlungen über die jeweiligen Verfahren und die damit zu erreichenden Bestimmungsgrenze.

Für viele Stoffe liegen aufgrund der aufwändigen Analytik seitens der Betreiber bzw. der Behörden zu wenige Messwerte vor, um repräsentative Frachten zu ermitteln. Dies erschwert die Plausibilitätsprüfung der PRTR-Meldungen durch die Behörden. Um dem

gerecht zu werden, wurden für die PRTR-relevanten Schwermetalle bereits in der Vergangenheit Emissionsfaktoren abgeleitet und den Betreibern und Behörden zur Verfügung gestellt. Diese Emissionsfaktoren entsprechen jedoch nicht mehr dem heutigen Erkenntnisstand. Im Folgenden werden daher neue, im Rahmen eines Forschungsprojektes ermittelte Emissionsfaktoren vorgestellt. Diese Faktoren wurden für großräumige Betrachtungen entwickelt und müssen daher nicht zwingend den aktuellen, tatsächlichen Eintrag einer einzelnen Kläranlage wiedergeben. Bezüglich der Einträge spielt das Umfeld (=Einzugsgebiet) einer Kläranlage eine wichtige Rolle. Insbesondere können Stoffeinträge durch Indirekteinleiter im Netz der Kläranlage oder durch Einflüsse aus der Landwirtschaft (Reinigung der Gerätschaften nach saisonal bedingten Einsätzen von Spritzmitteln) zu Abweichungen führen. Diese Ausgangssituation ist zu prüfen. Beim Fehlen aussagekräftiger Messwerte bzw. als Orientierungswerte für die Plausibilitätsprüfung sind sie jedoch gut verwendbar.

Ziel des vorliegenden Dokuments ist es, belastbare Daten durch eine gesicherte Frachtberechnung zu gewährleisten. Hierfür werden u. a. aktualisierte Emissionsfaktoren für Schwermetalle und darüber hinaus Emissionsfaktoren für weitere relevante Stoffe/-Stoffgruppen (DEHP, Diuron, Isoproturon und PAK16, relevant ab 2015) bereitgestellt.

2. Empfehlungen für die Frachtermittlung durch Betreiber

2.1. Verwendung von eigenen Messdaten

Wenn bei dem Betreiber Messwerte in ausreichender Anzahl und Qualität vorliegen, sind diese für die Frachtberechnung für die Berichterstattung zu verwenden.

Eine wichtige Voraussetzung bei der Frachtermittlung ist die Verfügbarkeit plausibler und aussagekräftiger Messwerte. Dabei sind ausreichend sensible analytische Verfahren zu verwenden (möglichst niedrige Bestimmungsgrenzen). Die Bestimmungsgrenzen sind so zu wählen, dass mit der Frachtberechnung der Nachweis einer PRTR-Schadstoffschwellenwert-Über- bzw. -Unterschreitung gewährleistet ist. Für ausgewählte Stoffe können Empfehlungen für stoffspezifische Bestimmungsgrenzen der Tabelle 1 entnommen werden.

Für die Berechnung der Jahresfracht (Produkt aus Konzentration und Abwassermenge) ist zunächst die Ermittlung von Einzelfrachten erforderlich. Dazu wird pro Messereignis aus der gemessenen Konzentration und der zugehörigen Abwassermenge (z. B. $\text{m}^3/0,5\text{h}$; $\text{m}^3/2\text{h}$; m^3/d) eine Einzelfracht für die entsprechende Zeitspanne errechnet. Das arithmetische Mittel aller Einzelfrachten bildet die mittlere Fracht. Diese mittlere Fracht ist in einem dritten Schritt auf die Jahresfracht hochzurechnen. Wenn keine betriebsbedingten Ausfallzeiten vorliegen, werden 365 Tage für die Jahresfrachtberechnung herangezogen. Liegen Konzentrationsmesswerte unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG) des jeweiligen analytischen Verfahrens, so sind diese Messwerte wie folgt zu berücksichtigen:

a) Liegen 10% oder mehr der Messwerte über der BG, dann werden alle Messwerte kleiner BG mit der halben BG eingerechnet.

b) Liegen weniger als 10 % der Messwerte über der BG, dann werden alle Messwerte kleiner BG mit dem Wert "Null" eingerechnet.

Beispiel: Der Parameter Nickel wurde an 250 Tagen gemessen. Die analytische Bestimmungsgrenze beträgt 1 µg/L.

Fall a): 200 Messungen (also mindestens 10%) liegen über der Bestimmungsgrenze von 1 µg/L. Diese 200 Messwerte gehen mit dem tatsächlichen Analysenwert in die Frachtberechnung ein. Die restlichen 50 Messungen gehen mit dem Wert der halben BG "0,5 µg/L" in die Frachtberechnung ein.

Fall b): 20 Messungen (also weniger als 10%) liegen über der Bestimmungsgrenze von 1 µg/L. Diese 20 Messwerte gehen mit dem tatsächlichen Analysenwert in die Frachtberechnung ein. Die restlichen 230 Messungen gehen mit dem Wert "0 µg/L" in die Frachtberechnung ein.

Wenn bei der Konzentrationsermittlung empfindliche analytische Verfahren angewendet werden und die daraus errechneten Frachten unterhalb der PRTR-Schwellenwerte liegen, so sollten die Betreiber die ermittelten niedrigeren Frachten in der Erfassungssoftware BUBE-Online (**B**etriebliche **U**mweltdaten**b**erichterstattung) trotzdem melden. Der für die Prüfung der Meldung zuständigen Behörde ist dadurch ersichtlich, dass der Betreiber den fraglichen Parameter bearbeitet hat. Schadstofffrachten, die unterhalb des zugehörigen PRTR-Schadstoffschwellenwerts liegen, werden weder an das Umweltbundesamt weitergeleitet noch werden sie im Internet veröffentlicht.

Tabelle 1: Bestimmungsgrenzen und analytische Methoden

Lfd. Nr.	Schadstoff	PRTR-Stoff-Nummer	BG (µg/L)	Methode*
1	Arsen und Verbindungen (als As)	17	k.A.	k.A.
2	Blei und Verbindungen (als Pb)	23	0,1	ICP-MS
3	Cadmium und Verbindungen (als Cd)	18	0,002	ICP-MS
4	Chrom und Verbindungen (als Cr)	19	k.A.	k.A.
5	Kupfer und Verbindungen (als Cu)	20	k.A.	k.A.
6	Nickel und Verbindungen (als Ni)	22	1	ICP-MS

Lfd. Nr.	Schadstoff	PRTR-Stoff-Nummer	BG (µg/L)	Methode*
7	Quecksilber und Verbindungen (als Hg)	21	0,002/0,001	ICP-MS
8	Zink und Verbindungen (als Zn)	24	k.A.	k.A.
9	DEHP	70	0,1	GC/MS
10	Diuron	37	0,010	HPLC/MS-MS
11	Isoproturon	67	0,010	HPLC/MS-MS
12	PAK16	72	k.A.	k.A.
13	Acenaphthen	72	0,001	GC/MS-MS
14	Acenaphthylen	72	0,001	GC/MS-MS
15	Anthracen	61	0,001	GC/MS-MS
16	Atrazin	27	0,010	HPLC/MS-MS
17	Benz(a)anthracen	72	0,001	GC/MS-MS
18	Benzo(b)fluoranthen	72	0,001	GC/MS-MS
19	Benzo(k)fluoranthen	72	0,001	GC/MS-MS
20	Benzo(a)pyren	72	0,001	GC/MS-MS
21	Benzo(ghi)perylene	91	0,0005	GC/MS-MS
22	Chrysen	72	0,001	GC/MS-MS
23	Dibenz(ah)anthracen	72	0,001	GC/MS-MS
24	Endosulfan Summe	38	0,001	GC/MS-MS
25	Fluoranthen	88	0,001	GC/MS-MS
26	Fluoren	72	0,001	GC/MS-MS
27	Hexachlorbenzol	42	0,002	GC/MS-MS
28	Hexachlorbutadien	43	0,005	GC/MS-MS
29	α-Hexachlorcyclohexan	44	0,005/0,002	GC/MS-MS
30	β-Hexachlorcyclohexan	44	0,005/0,002	GC/MS-MS
31	γ-Hexachlorcyclohexan	44	0,005/0,002	GC/MS-MS
32	δ-Hexachlorcyclohexan	44	0,005/0,002	GC/MS-MS
33	Indeno(123cd)pyren	72	0,0005	GC/MS-MS
34	4-Iso-Nonylphenol	64	0,050	GC/MS n.D.
35	Naphthalin	68	0,01	GC/MS-MS

Lfd. Nr.	Schadstoff	PRTR-Stoff-Nummer	BG (µg/L)	Methode*
36	PBDE	63	0,001	GC/NCI-MS
37	Pentachlorphenol	49	0,10	GC/MS n.D.
38	Phenanthren	72	0,001	GC/MS-MS
39	Pyren	72	0,001	GC/MS-MS
40	tert.-Octylphenol	87	0,025	GC/MS n.D.
41	Trichlormethan	58	0,1	HS trap-GC/MS
42	Tributylzinn	74	0,00005	GC/MS-MS n.D.

* Erläuterungen:

- GC/MS: Gaschromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung
- GC/MS-MS: Gaschromatographie/Massenspektrometrie-Kopplung und zusätzliche Massenspektroskopiestufe zum Ausschluss von Matrixeffekten für Nachweise im ppm-Bereich
- GC/MS n.D. Gaschromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung not detected
- GC/NCI-MS: Kopplung von GV/MS mit der Methode der Negativen Chemischen Ionisation (NCI), entwickelt für die Bestimmung von nitrierten und oxydierten Polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (nitro-PAK, oxy-PAK).
- HPLC/MS-MS: Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung
- HS trap-GC/MS: Headspace(HS)-trap(Falle)in Kombination mit GC/MS, entwickelt für die Bestimmung von flüchtigen Komponenten.
- ICP-MS: Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (inductively coupled plasma mass spectrometry)

2.2. Verwendung von Emissionsfaktoren

Liegen dem Betreiber keine eigenen Messwerte oder keine Messwerte in der oben beschriebenen Qualität vor, sollten für die Stoffe, für die ein Emissionsfaktor (EF) vorliegt, diese EF verwendet werden. Im Rahmen der ersten Bestandsaufnahme nach Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und Oberflächengewässerverordnung (OGewV) wurden für einige Stoffe Emissionsfaktoren zur Anwendung in Kläranlagenabläufen ermittelt.

2.2.1. Emissionsfaktoren in BUBE-Online

In BUBE-Online sind für kommunale Abwasserbehandlungsanlagen insgesamt **acht Emissionsfaktoren** in Form mittlerer Ablaufkonzentrationen hinterlegt, die **ab PRTR-Berichtsjahr 2014** relevant sind (s. Tabelle 2, Nr. 1-8; betrifft die Stoffe Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink). Die Datenbasis zur Ableitung dieser Emissionsfaktoren basiert aus statistischer Sicht auf einer sicheren Datengrundlage.

Vier weitere Emissionsfaktoren, die aus statistischer Sicht auf einer sicheren Datengrundlage basieren, werden **ab PRTR-Berichtsjahr 2015** relevant (s. Tabelle 2, Nr. 9-12; betrifft die Stoffe DEHP, Diuron, Isoproturon und PAK16).

Tabelle 2: In BUBE-Online hinterlegte Emissionsfaktoren (mittlere Ablaufkonzentrationen)

Lfd. Nr.	Schadstoff	PRTR-Stoff-Nummer	Mittlere Konzentration in µg/l	Emissionsfaktor in mg/(EW·a)	Gültigkeit Berichtsjahr
1	Arsen und Verbindungen (als As)	17	0,326	k.A.	ab 2008
2	Blei und Verbindungen (als Pb)	23	0,1900	64	ab 2014
3	Cadmium und Verbindungen (als Cd)	18	0,0600	18	ab 2014
4	Chrom und Verbindungen (als Cr)	19	2,3600	k.A.	ab 2008
5	Kupfer und Verbindungen (als Cu)	20	7,6100	k.A.	ab 2008
6	Nickel und Verbindungen (als Ni)	22	3,8800	716	ab 2014
7	Quecksilber und Verbindungen (als Hg)	21	0,0016	0,91	ab 2014
8	Zink und Verbindungen (als Zn)	24	51,600	k.A.	ab 2008
9	DEHP	70	0,41	91	ab 2015
10	Diuron	37	0,05	11,4	ab 2015
11	Isoproturon	67	0,03	6,8	ab 2015

Lfd. Nr.	Schadstoff	PRTR-Stoff-Nummer	Mittlere Konzentration in µg/l	Emissionsfaktor in mg/(EW·a)	Gültigkeit Berichtsjahr
12	PAK16	72	0,11	k.A.	ab 2015

Diese Faktoren basieren auf mittleren Ablaufkonzentrationen.

Beispiel: KA Musterstadt hat eine Jahresabwassermenge von 37.896.680 m³. Der Emissionsfaktor für Quecksilber beträgt 0,0016 µg/l. Folglich leitet die KA Musterstadt 37.896.680 m³/a * 0,0016 µg/l = 0,061 kg/a Quecksilber in das Gewässer ein. Die Jahresfracht für Quecksilber liegt unterhalb des PRTR-Schwellenwertes von 1 kg/a. Der Betrieb ist somit für das Medium Wasser für Quecksilber nicht PRTR-berichtspflichtig.

Der Emissionsfaktor für Nickel beträgt 3,88 µg/l. Folglich leitet die KA Musterstadt 37.896.680 m³/a * 3,88 µg/l = 147 kg/a Nickel in das Gewässer ein. Die Jahresfracht für Nickel liegt oberhalb des PRTR-Schwellenwertes von 20 kg/a. Der Betrieb ist somit für das Medium Wasser für Nickel PRTR-berichtspflichtig.

Grundsätzlich ist zu berücksichtigen, dass die Emissionsfaktoren mittlere Verhältnisse für Deutschland widerspiegeln und keine Sonderfälle (bspw. hohe Schadstoffeinträge durch Indirekteinleitung etc.) abbilden können.

2.2.2. Weitere Emissionsfaktoren

Die derzeit aus statistischer Sicht als noch unsicher eingestuften Emissionsfaktoren für zehn weitere Stoffe (Atrazin, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(g,h,i)perylen, Fluoranthen, Nonylphenol, Octylphenol, Pentachlorphenol, Simazin, Tributylzinn, Trichlormethan) werden zukünftig durch weitere Untersuchungen auf Bundesebene abgesichert und erst dann in BUBE-Online übernommen.

3. Prüfschritte für Behörden

In Tabelle 3 sind die Nominalbelastungen ausgewiesen, ab denen eine Kläranlage für die angegebenen Schadstoffe potentiell berichtspflichtig ist. In einem ersten Schritt sollten die Behörden prüfen, ob die nach Tätigkeit 5.f berichtspflichtigen Kläranlagen aufgrund ihrer Nominalbelastung diese Schadstoffe berichtet haben.

Beispiel: Die KA Musterhausen behandelt tatsächlich im Jahr x 140.000 EW. Nach Tabelle 3 müsste der Betreiber im PRTR Frachten zu folgenden Schadstoffen berichtet haben: Nickel und ab PRTR-Berichtsjahr 2015 DEHP. Bei einer Kläranlage mit einer Nominalbelastung von 450.000 EW wären zusätzlich die Schadstoffe Blei und ab PRTR-Berichtsjahr 2015 Diuron zu berichten.

Tabelle 3: Schwellenwert der Nominalbelastung in Einwohnerwerten (EW) zur Prüfung der Berichtspflicht für ausgewählte Stoffe bei kommunalen Kläranlagen auf Basis der Emissionsfaktoren

Lfd Nr.	Schadstoff	PRTR-Stoff-Nummer	PRTR-Schadstoff-schwellenwert (kg/a)	Größe potentiell berichtspflichtiger Betriebe in EW	Größe der Betriebe ab dem der Schadstoff-schwellenwert erreicht wäre in EW
1	Arsen und Verbindungen (als As)	17	5	k.A.	
2	Blei und Verbindungen (als Pb)	23	20	196.078	
3	Cadmium und Verbindungen (als Cd)	18	5	500.000	
4	Chrom und Verbindungen (als Cr)	19	50	k.A.	
5	Kupfer und Verbindungen (als Cu)	20	50	k.A.	
6	Nickel und Verbindungen (als Ni)	22	20	ab 100.000	54.794
7	Quecksilber und Verbindungen (als Hg)	21	1	10.000.000	
8	Zink und Verbindungen (als Zn)	24	100	k.A.	
9	DEHP*	70	1	ab 100.000	30.303
10	Diuron*	37	1	250.000	
11	Isoproturon*	67	1	500.000	
12	PAK16*	72	5	555.555	

* ab PRTR-Berichtsjahr 2015

Für Quecksilber ist bei Verwendung der Emissionsfaktoren keine der Kläranlagen > 100.000 EW in Deutschland berichtspflichtig, während für DEHP (ab PRTR-Berichtsjahr 2015) und Nickel alle Kläranlagen potentiell berichtspflichtig sind.

Mit dieser Prüfung können keine Sonderfälle abgebildet werden.

4. Zusammenfassung

Das PRTR zielt darauf ab, den öffentlichen Zugang zu Umweltinformationen zu verbessern und soll eine zuverlässige Datenbank für Vergleiche und künftige Entscheidungen in Umweltfragen bieten. Um die Vollständigkeit und Qualität dieser Datenbank zu sichern, können zum einen umfangreiche, kostspielige Messkampagnen durchgeführt werden, oder es können die bereitgestellten Erkenntnisse aus anderen Monitoringvorhaben genutzt werden. Die vorliegende Empfehlung gibt Betreibern und Behörden ein Instrument in die Hand, diese Vollständigkeit und Qualität mit einfachen Mitteln zu erreichen. Erste Wahl ist dabei immer die Verwendung eigener Messwerte. Wenn dem Betreiber keine eigenen Monitoringdaten vorliegen oder ein umfangreiches Messprogramm nicht realisierbar ist, muss durch den Betreiber geprüft werden, ob abhängig vom Kläranlagenumfeld die Anwendung der jeweiligen Emissionsfaktoren sinnvoll ist. In diesem Fall ist der entsprechende Emissionsfaktor zur Ermittlung der eingeleiteten Stofffrachten zu verwenden. Wenn Frachtschwellenwerte nicht überschritten werden, besteht formell keine Berichtspflicht, die Betreiber sollten aber aufgrund der oben erwähnten Belastbarkeit und Vollständigkeit auch diese Frachten im PRTR berichten (gemeldete Frachten < Schwellenwert werden nicht veröffentlicht, helfen aber den Behörden bei der Prüfung der Daten auf Vollständigkeit).

5. Anhang

5.1. Handlungsempfehlung zur Beprobung und Analyse von prioritären Stoffen in urbanen Entwässerungssystemen

Erfahrungen und Erkenntnisse aus einem FuE-Vorhaben zur "*Entwicklung eines Bilanzierungsinstruments für den Eintrag von Schadstoffen aus kommunalen Kläranlagen in Gewässer*" hinsichtlich der Entwicklung einer adäquaten Probenahmestrategie (Probenahme, Probenaufbereitung, Analytik) für kommunale Abwasserbehandlungsanlagen mit dem Ziel der Stoffeintragsbilanzierung wurden in einer Handlungsempfehlung zusammengefasst. Diese Empfehlungen richten sich u. a. an die Vollzugsbehörden der Länder, um zu gewährleisten, dass eine konsistente Datenbasis für relevante prioritäre Stoffe mit Blick auf Bilanzierungsanforderungen bspw. in Sondermessprogrammen im kommunalen Abwassersystem geschaffen werden kann. Darüber hinaus wird durch Anwendung des beschriebenen Vorgehens die Grundlage für eine deutliche Verbesserung der Stoffeintragsmodellierung auf Flussgebietsebene (mit Blick auf kommunale Abwasserbehandlungsanlagen und urbane Systeme) geschaffen. Die Handlungsempfehlung wurde als unabhängiges Dokument entwickelt und ist im öffentlichen Expertenwiki zu finden:

- [Handlungsempfehlung zur Beprobung und Analyse von prioritären Stoffen in urbanen Entwässerungssystemen \(pdf\)](#)

5.2. Verzeichnis international anerkannter Messverfahren für Luft- und Wasserschadstoffe

- [Anhang 3 Leitfaden für die Durchführung des Europäischen PRTR \(pdf\)](#)